

T=0 soft sphere の緩和過程における粒子の「絡まり」

(東大地震研) 波多野 恭弘

数ある「ソフトマター」の例として構造ガラスと粉体が挙げられるが、両者には「ランダム配置粒子系」「非自明な遅い自由度の存在」という共通した特徴があり、これらの類似性をほぼ同一性として大胆に提案したのが Liu & Nagel の有名な論文(1)であった。この問題は粒子のランダムパッキングとガラスの熱力学という二つの古典的問題に新しい見方を提供し、それゆえ統計力学分野（とくにスピングラス）の研究者をも巻き込みつつ膨大な論文が日々量産されている。それらの包括的レビューは他の方々に任せるとして(2)、本講演での主題としたいのはダイナミクス、とくに「遅い自由度の起源」である。

Lennard-Jonesium などの引力系および（剛性を持つ）jammed 系では、「遅い自由度」の一つの現れは多数のソフトモードである(3)。しかし、ガラスなどにおける遅い動力学は粒子構造の緩和・組み替えという大変形に関わるもので、釣り合いの周りで線形化されたゼロモードがどのようにして大変形ダイナミクスへつながるのか、必ずしも自明ではない。また、unjammed 系においてはそもそも釣り合いが存在しないので、線形化されたゼロモード自体が定義されない。しかし、unjammed 側でも jammed 側でもよく似た遅いダイナミクスが観察されるのである。これはどのように理解したらよいのだろうか？

ここでは、短距離斥力で相互作用する粒子（soft sphere）系の T=0 での緩和過程を考え、遅い構造緩和が空間的に局在化した「粒子の絡まり」を通じて実現されることを見る。これら「粒子の絡まり」は、外から揺すった粉体系で見られる動的不均一性とよく似ており、それらがジャミング点へ向けて成長する「臨界指数」も同一であることを示す。これら「粒子の絡まり」とソフトモードの関係を議論し、ジャミング系の遅い緩和への寄与について考える。

本講演の一部は、Twente 大学の齊藤国靖氏との共同研究に基づいている。

【参考文献】

- (1) A. J. Liu and S. R. Nagel, Nature 396, 21 (1998).
- (2) M. van Hecke, J. Phys. Cond. Matt. 22, 033101 (2010); G. Parisi and F. Zamponi, Rev. Mod. Phys. 82, 789 (2010).
- (3) M. Wyart, L. Silbert, S. Nagel, and T. Witten, Physical Review E 72, 051306 (2005).